

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
29. September 2005 (29.09.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2005/090929 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **G01F 1/66**,  
G01N 29/02, G01P 5/24

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02  
20, 70442 Stuttgart (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2005/050287

(72) Erfinder; und

(22) Internationales Anmeldedatum:  
24. Januar 2005 (24.01.2005)

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **LANG, Tobias**  
[DE/DE]; Elisabethenstr. 32, 70197 Stuttgart (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(74) Gemeinsamer Vertreter: **ROBERT BOSCH GMBH**;  
Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

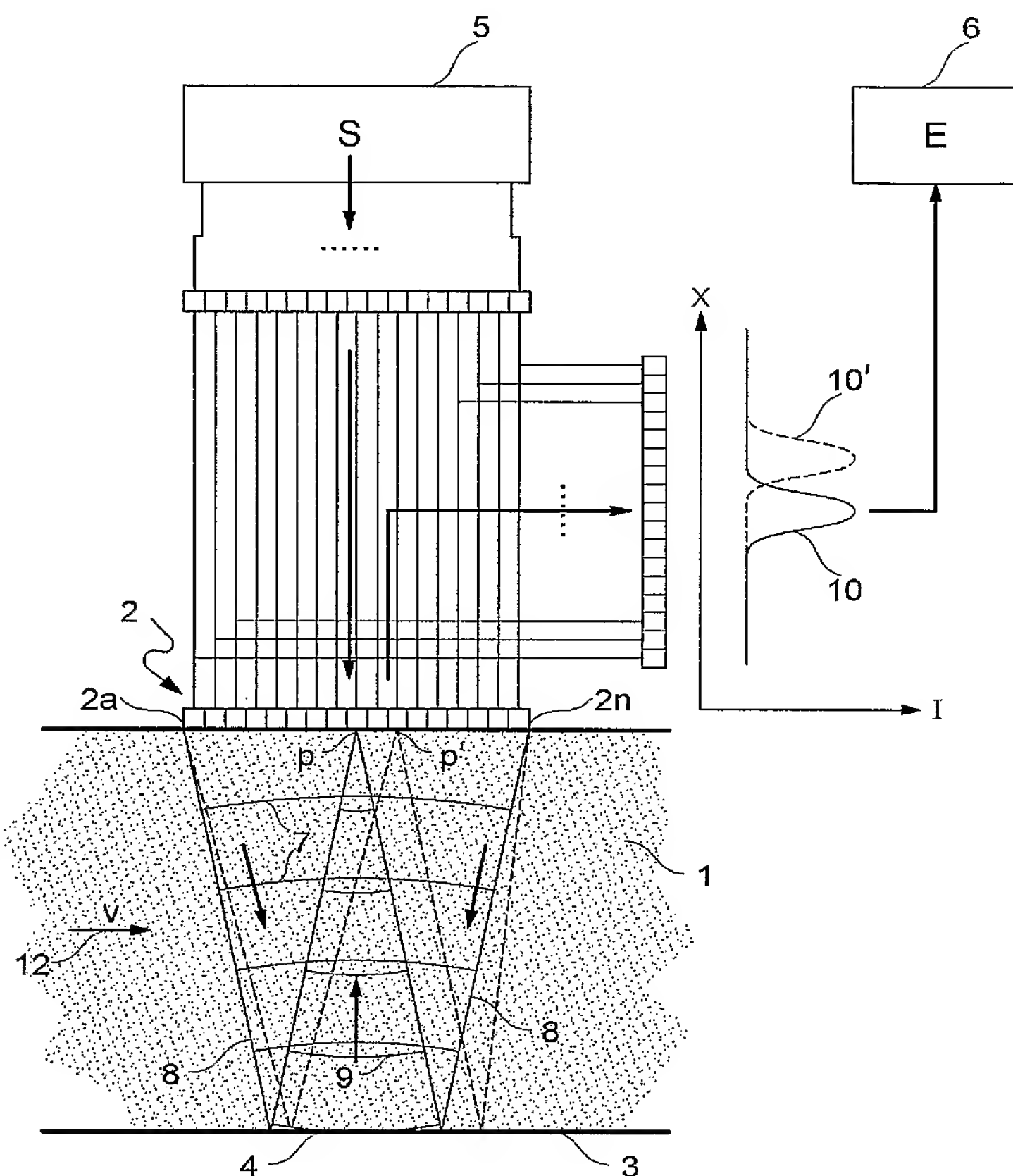
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,  
CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2004 013 251.8 18. März 2004 (18.03.2004) DE

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ULTRASONIC FLOW SENSOR COMPRISING A TRANSDUCER ARRAY AND A REFLECTION SURFACE

(54) Bezeichnung: ULTRASCHALL-STRÖMUNGSSENSOR MIT WANDLERARRAY UND REFLECTIONSFLÄCHE



(57) Abstract: The invention relates to an ultrasonic flow sensor, in particular for measuring the volumetric or mass flow of a fluid (1) in a conduit (3). Said sensor comprises at least one ultrasonic transducer (2a-2n), which emits and receives ultrasonic signals (7). The aim of the invention is to provide an ultrasonic flow sensor that has a particularly simple, cost-effective construction and that functions according to the principle of beam drift. To achieve this, the sensor comprises an array (2), consisting of several ultrasonic transducers (2a-2n), which is positioned on one side of the conduit (3), a reflection surface (4), which lies opposite the array (2) and by means of which the emitted ultrasonic signals (7) are reflected and a receiver electronics system (6), which evaluates the ultrasonic signal (9) that has been received by the ultrasonic transducers (2a-2n).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Ultraschall-Strömungssensor, insbesondere zum Messen des Volumen- oder Massestroms eines Fluids (1) in einer Rohrleitung (3), mit wenigstens einem Ultraschallwandler (2a-2n), der in der Lage ist, Ultraschallsignale (7) auszusenden und zu empfangen. Ein besonders einfach aufgebauter und kostengünstiger Ultraschall-Strömungssensor, der nach dem Prinzip der Strahlverwehung arbeitet, umfasst ein Array (2) aus mehreren Ultraschallwandlern (2a-2n), das an einer Seite der Rohrleitung (3) angeordnet ist, und eine dem Array (2) gegenüberliegende Reflexionsfläche (4), an der

die ausgesendeten

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2005/090929 A1



GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

**(84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

5

Beschreibung

10

Ultraschall-Strömungssensor mit Wandlerarray und  
Reflexionsfläche

Die Erfindung betrifft einen Ultraschall-Strömungssensor,  
15 insbesondere zum Messen des Volumen- oder Massestroms eines  
Fluids, gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Ultraschall-Strömungssensoren werden insbesondere eingesetzt,  
um den Volumen- oder Massestrom oder die Strömungsgeschwin-  
20 digkeit eines gasförmigen oder flüssigen Mediums zu messen,  
das durch eine Rohrleitung fließt. Ein typischer Ultraschall-  
Strömungssensor umfasst zwei in Strömungsrichtung versetzt  
angeordnete Ultraschallwandler, die Ultraschallsignale  
erzeugen und diese an den jeweils anderen Ultraschallwandler  
25 aussenden, der sie empfängt. Je nach Ausstrahlungsrichtung  
werden die Ultraschallsignale von der Strömung entweder  
beschleunigt oder verlangsamt. Die Ultraschallsignale werden  
daher von den beiden Wandlern nach unterschiedlichen  
Laufzeiten empfangen. Aus dem Laufzeitunterschied des  
30 Ultraschallsignals in Strömungsrichtung und des  
Ultraschallsignals in der Gegenrichtung kann eine  
Auswerteelektronik schließlich die gewünschte Messgröße  
berechnen.

35 Ein anderer Typ von Ultraschall-Strömungssensoren nutzt den  
Effekt der Strahlverwehung. Dieser Typ umfasst in der Regel  
zwei an einer Rohrleitung gegenüberliegend angeordnete  
Wandlerarrays (Reihenanzordnung mehrerer Wandler), von denen  
das eine als Sendearray und das andere als Empfangsarray  
40 arbeitet. Das Sendearray sendet dabei ein Ultraschallsignal  
an das gegenüberliegende Empfangsarray, wo das Signal

5 detektiert wird. Fließt durch die Rohrleitung ein Fluid mit einer Strömungsgeschwindigkeit  $v$ , so werden die quer zur Strömungsrichtung ausgesendeten Schallwellen von der Strömung mitgeführt und dadurch in Strömungsrichtung abgelenkt (Strahlverwehung). Der Aufbau eines solchen Ultraschall-  
10 Strömungssensors mit zwei Wandlerarrays ist relativ aufwändig und kompliziert.

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Ultraschall-Strömungssensor, der nach dem Prinzip der  
15 Strahlverwehung arbeitet, zu schaffen, der einfach aufgebaut ist und wesentlich kostengünstiger realisiert werden kann.

Gelöst wird diese Aufgabe gemäß der Erfindung durch die im Patentanspruch 1 angegebenen Merkmale. Weitere  
20 Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand von Unteransprüchen.

Ein wesentlicher Aspekt der Erfindung besteht darin, einen Ultraschall-Strömungssensor mit nur einem einzigen  
25 Wandlerarray und einer gegenüberliegenden Reflexionsfläche zu realisieren, und den Strömungssensor derart zu betreiben, dass das Wandlerarray Ultraschallsignale an die gegenüberliegende Reflexionsfläche aussendet und die reflektierten Signale wieder empfängt. Das Ausmaß der  
30 Strahlverwehung ist dabei ein Maß für die Strömungsgeschwindigkeit des strömenden Mediums. Ein wesentlicher Vorteil dieses Strömungssensors besteht darin, dass nur ein einziges Wandlerarray erforderlich ist und ein derartiger Sensor besonders kostengünstig hergestellt werden kann.

35 Unter dem Begriff "Wandlerarray" wird hier im besonderen eine Reihenanordnung von mehreren Ultraschallwandlern verstanden, die vorzugsweise unmittelbar aneinander angrenzend angeordnet sind. Die einzelnen Wandler sind vorzugsweise fluchtend  
40 angeordnet und erzeugen z.B. ebene oder zylinderförmige Ultraschallwellen. Das Wandlerarray kann aber auch derart

5 gebildet sein, dass kugelförmige, ellipsoidförmige oder auf sonstige Weise gekrümmte Wellenfronten erzeugt werden.

Das erfindungsgemäße Wandlerarray wird vorzugsweise gepulst betrieben. D.h., die einzelnen Ultraschallwandler des  
10 Wandlerarrays werden pulsartig elektrisch angeregt und erzeugen ein entsprechendes Ultraschallsignal, das nach seiner Laufzeit - die im wesentlichen vom Rohrdurchmesser und der Schallgeschwindigkeit im Fluid abhängig ist - wieder von den Wandlern empfangen wird.

15 Die Häufigkeit der Anregungen pro Zeit, d.h. die Anzahl der Ultraschallsignale, die gleichzeitig die Messstrecke durchlaufen, ist prinzipiell frei wählbar. Dabei ist nur zu berücksichtigen, dass herkömmliche Wandler nicht gleichzeitig  
20 senden und empfangen können und somit Senden und Empfangen nicht auf einen Zeitpunkt zusammen fallen dürfen.

Der Sensor kann gemäß einer ersten Betriebsart z.B. ähnlich wie im "sing-around" (Anmerkung: sing-around bezieht sich  
25 normalerweise darauf, dass Laufzeitmessung durchgeführt wird) Verfahren betrieben werden, bei dem der Empfang eines Ultraschallsignals am Wandlerarray jeweils die Erzeugung eines neuen Ultraschallsignals auslöst. Dadurch laufen die Ultraschallsignale fortlaufend hin und her.

30 Gemäß einer zweiten Betriebsart wird die Erzeugung der Ultraschallsignale von einem Oszillator gesteuert periodisch so ausgelöst, dass immer erst nach dem Empfang eines Ultraschallsignals ein neues Ultraschallsignal gesendet wird.

35 Gemäß einer dritten Betriebsart wird das Wandlerarray derart angesteuert, dass es innerhalb einer Umlaufzeit (d.h. die Zeit, die ein Ultraschallsignal vom Wandlerarray zur Reflexionsfläche und zurück benötigen würde) eine Sequenz aus  
40 mehreren Ultraschallsignalen sendet. In diesem Fall wird, noch bevor das erste der Ultraschallsignale das Wandlerarray



5 wieder erreicht hat, wenigstens ein weiteres Signal in die  
Messstrecke eingekoppelt. Dadurch kann die Anzahl der  
Messungen pro Zeit wesentlich erhöht und somit auch die  
Messgenauigkeit gesteigert werden, wobei die Messdauer  
gegenüber n Einzelmessungen wesentlich kürzer ist. Der  
10 zeitliche Abstand zwischen den einzelnen Ultraschallsignalen  
einer Sequenz ist dabei so zu wählen, dass ein Wandler  
empfangsbereit ist, d.h. nicht gerade im Sendebetrieb  
arbeitet, wenn ein reflektiertes Ultraschallsignal am Wandler  
eintrifft.

15 Der Ultraschall-Strömungssensor umfasst vorzugsweise eine  
Sendeelektronik, mit der die einzelnen Ultraschallwandler  
individuell und unabhängig voneinander angeregt werden  
können. Dadurch wird es möglich, die Gangunterschiede der  
20 einzelnen, von den Ultraschallwandlern ausgesendeten Signale  
derart einzustellen, dass durch Interferenz eine globale  
Ultraschallwelle mit vorgebbarer Wellenfront entsteht. So  
kann z.B. eine im wesentlichen zylinderförmige oder  
kugelförmige Wellenfront erzeugt werden, die an der  
25 gegenüberliegenden Reflexionsfläche reflektiert wird und  
fokussiert wieder auf das Wandlerarray trifft. Die  
Reflexionsfläche kann in diesem Fall einfach ein Teil der  
Rohrinnenwand sein, ohne dass eine spezielle Anpassung der  
Wand erforderlich wäre.

30 Gemäß einer anderen Ausführungsform der Erfindung werden die  
einzelnen Wandler des Wandlerarrays synchron angeregt, so  
dass durch Interferenz der Einzelsignale eine Welle mit  
ebener Wellenfront entsteht. In diesem Fall ist die  
35 Reflexionsfläche vorzugsweise derart gekrümmt, dass die ebene  
Welle fokussiert wird und gebündelt auf das Wandlerarray  
trifft. Um die Strömung möglichst wenig zu behindern, sollte  
die Reflexionsfläche außerdem derart gestaltet sein, dass sie  
der Strömung wenig Widerstand bietet und keine Turbulenzen  
40 erzeugt. Die Reflexionsfläche kann zu diesem Zweck z.B. als

5 eine in der Rohrrinnenwand befindliche Ausbuchtung realisiert sein.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist auf der Seite der Reflexionsfläche eine Abblendeinrichtung  
10 vorgesehen, die bewirkt, dass derjenige Teil des Ultraschallsignals, der auf die Abblendeinrichtung trifft, nicht oder nur gedämpft auf das Wandlerarray zurück reflektiert wird. Die Abblendeinrichtung kann z.B. derart realisiert sein, dass das auftreffende Ultraschallsignal  
15 absorbiert, gestreut oder aus dem Schallweg des Nutzsignals heraus reflektiert wird. Dadurch wird auf dem Wandlerarray ein Intensitätsmuster abgebildet, dessen Grenzen relativ scharf sind und somit gut erfasst werden kann.

20 Die Abblendeinrichtung kann z.B. ein Bereich der Innenwandfläche sein, der z.B. aufgeraut oder mit feinen Rillen versehen ist, um das Ultraschallsignal diffus zu streuen. Die Rillen sind aus strömungstechnischen Gründen vorzugsweise in Strömungsrichtung ausgerichtet.

25 Das Wandlerarray ist vorzugsweise bündig mit der Innenwand der Rohrleitung montiert. Dadurch wird die Strömung des Fluids nicht gestört und es treten insbesondere keine Turbulenzen auf.

30 Das erfindungsgemäße Wandlerarray ist darüber hinaus vorzugsweise in der oberen Hälfte einer Rohrleitung montiert. Dies hat den Vorteil, dass sich am Wandlerarray nur wenig Staub oder Schwebstoffe ansammeln können. Sofern das  
35 Wandlerarray und die Reflexionsfläche seitlich gegenüberliegend an der Rohrleitung angeordnet sind, werden beide Elemente relativ wenig verschmutzt.

Der Ultraschall-Strömungssensor umfasst vorzugsweise eine  
40 Sende- und Empfangselektronik, die das Wandlerarray in

5 gewünschter Weise anregt und das reflektierte  
Ultraschallsignal detektiert und auswertet.

Die Erfindung wird nachstehend anhand der beigelegten  
Zeichnungen beispielhaft näher erläutert. Es zeigen:

10

Fig. 1 eine schematische Ansicht eines Ultraschall-  
Strömungssensors gemäß einer ersten Ausführungsform der  
Erfindung;

15

Fig. 2 eine schematische Ansicht eines Ultraschall-  
Strömungssensors gemäß einer zweiten Ausführungsform der  
Erfindung; und

20

Fig. 3 eine schematische Ansicht eines Ultraschall-  
Strömungssensors gemäß einer dritten Ausführungsform der  
Erfindung.

25

Fig. 1 zeigt einen Ultraschall-Strömungssensor zum Messen des  
Volumen- oder Massestroms eines Fluids 1, das durch eine  
Rohrleitung 3 strömt. Der Strömungssensor umfasst im  
wesentlichen ein Ultraschall-Wandlerarray 2 aus mehreren  
einzelnen, parallel angeordneten streifenförmigen  
Ultraschallwandlern 2a-2n, die jeweils Ultraschallsignale  
erzeugen und diese an eine gegenüberliegende Reflexionsfläche  
4 aussenden. Durch Interferenz der Einzelsignale entsteht  
eine globale Wellenfront 7, die sich durch das strömende  
Fluid 1 quer zur Strömungsrichtung ausbreitet, an der  
Reflexionsfläche 4 reflektiert wird und dann wieder auf das  
Wandlerarray 2 trifft. Die Lage des Bildpunktes P ist dabei  
ein Maß für die Strömungsgeschwindigkeit v des Fluids 1.

35

In diesem Ausführungsbeispiel werden die einzelnen  
Ultraschallwandler 2a-2n des Wandlerarrays 2 separat  
angesteuert, so dass aufgrund der Gangunterschiede der  
Einzelsignale eine in Strahlungsrichtung konkav gekrümmte,  
etwa zylinderförmige Wellenfront 7 entsteht, deren

40



5     Randbereiche 8 zuerst auf die Reflexionsfläche 4 treffen. Die  
Welle 7 wird dadurch fokussiert und trifft im wesentlichen  
linienförmig an einem Punkt P auf das Wandlerarray 2. Je nach  
Strömungsgeschwindigkeit v wandert der Bildpunkt P mehr oder  
weniger stark in Strömungsrichtung 12 (Effekt der  
10    Strahlverwehung). Der Strahlverlauf bei höherer  
Strömungsgeschwindigkeit v ist durch gestrichelte Linien und  
einen Bildpunkt P' gekennzeichnet.

Fig. 1 zeigt rechts oben die Intensitätsverteilung 10 bzw. 10'  
15    eines empfangenen Ultraschallsignals 9 bei unterschiedlichen  
Strömungsgeschwindigkeiten v. Bei geringer  
Strömungsgeschwindigkeit (bzw. ohne Strömung) ergibt sich am  
Wandlerarray 2 eine Intensitätsverteilung 10, deren Maximum  
etwa in der Mitte des Wandlerarrays 2 liegt. Bei hoher  
20    Strömungsgeschwindigkeit verschiebt sich dieses Maximum näher  
an den Rand des Wandlerarrays 2. Die zugehörige  
Intensitätsverteilung der Schallintensität ist hier mit dem  
Bezugszeichen 10' gekennzeichnet. Eine Empfangselektronik 6  
wertet das an den Ultraschallwandlern 2a-2n detektierte  
25    Ultraschallsignal aus und berechnet daraus die gewünschte  
Messgröße.

Die Reflexionsfläche 4 ist in diesem Ausführungsbeispiel  
lediglich ein dem Wandlerarray 2 gegenüberliegender Abschnitt  
30    der Rohrrinnenwand. Zur Verbesserung der Reflexions-  
eigenschaften könnte die Rohrrinnenwand im Bereich der  
Reflexionsfläche 4 z.B. poliert oder mit einer speziellen  
Reflexionsschicht versehen werden.

Das Wandlerarray 2 ist hier oben auf der Rohrleitung 3  
35    angebracht, um zu verhindern, dass sich Staub oder  
Schwebstoffe am Wandlerarray ansammeln. Alternativ könnte das  
Wandlerarray 2 auch seitlich an der Rohrleitung 3 montiert  
werden, so dass der reflektierende Wandbereich ebenfalls  
seitlich an der Rohrleitung 3 liegen und folglich weniger  
40    verschmutzen würde.

5 Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung einer anderen  
Ausführungsform eines Ultraschall-Strömungssensors mit einem  
einzelnen Wandlerarray 2 und einer gegenüberliegenden  
Reflexionsfläche 4. Die Sende- und Auswerteschaltungen 5 bzw.  
6 sind aus Gründen der Übersichtlichkeit weggelassen. Gleiche  
10 Bestandteile sind mit gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.  
Bei diesem Ausführungsbeispiel werden die einzelnen  
Ultraschallwandler 2a-2n des Wandlerarrays 2 derart  
angesteuert, dass durch Interferenz der Einzelsignale eine  
ebene Wellenfront 7 entsteht, die in Richtung der  
15 Reflexionsfläche 4 läuft. Die Reflexionsfläche 4 ist derart  
gekrümmt, dass das Ultraschallsignal 7 fokussiert wird und  
etwa linienförmig oder punktförmig auf das Wandlerarray 2  
trifft. Eine exakt punktförmige Fokussierung ist nicht  
zwingend notwendig.

20

Im Ausführungsbeispiel von Fig. 2 ist die Reflexionsfläche 4  
als eine Ausbuchtung in der Rohrwand des Rohres 3 gebildet,  
um die Strömung des Fluids 1 nicht zu behindern und  
insbesondere möglichst geringe Turbulenzen hervorzurufen.

25

Fig. 3 zeigt eine weitere Ausführungsform eines Ultraschall-  
Strömungssensors mit einem einzigen Wandlerarray 2 und einer  
gegenüberliegenden Reflexionsfläche 4. Die Ausdehnung der  
Reflexionsfläche 4 ist in diesem Ausführungsbeispiel kleiner  
30 als die Länge des Wandlerarrays 2. Angrenzend an die  
Reflexionsfläche 4 ist eine Abblendeinrichtung 11 vorgesehen,  
die das auftreffende Schallsignal dämpft bzw. filtert. D.h.  
der auf die Abblendeinrichtung 11 auftreffende Teil eines  
Ultraschallsignals 7 wird nicht oder nur gedämpft auf das  
35 Wandlerarray 2 zurück reflektiert. Die Abblendeinrichtung 11  
kann z.B. als Wandbereich mit besonders rauher Oberfläche  
oder z.B. als ein mit Rillen versehener Bereich der  
Rohrinnenwand realisiert sein.

40

Am Wandlerarray 2 ergibt sich somit ein Muster mit hoher  
Schallintensität durch den an der Reflexionsfläche 4

5 reflektierten Teil des Signals 7 und mit niedriger  
Schallintensität durch den an der Abblendeinrichtung 11  
gedämpften Teil des Signals 7. Die Grenzen dieses Musters  
verschieben sich wiederum in Abhängigkeit von der  
Strömungsgeschwindigkeit  $v$  des Fluids 1. Aus der Position des  
10 Musters kann wiederum die gewünschte Messgröße ermittelt  
werden.

5

## Bezugszeichenliste

10

1	Fluid
2	Wandlerarray
2a-2n	Ultraschallwandler
3	Rohrleitung
15 4	Reflexionsfläche
5	Sendeelektronik
6	Empfangselektronik
7	gesendete Welle
8	Wellengrenzen
20 9	reflektierte Welle
10,10'	Intensitätsverteilung
10	Abblendeinrichtung
11	Strömungsrichtung
P,P'	Bildpunkt

5

## Patentansprüche

10

1. Ultraschall-Strömungssensor, insbesondere zum Messen des Volumen- oder Massestroms eines Fluids (1), das in einer Rohrleitung (3) strömt, mit wenigstens einem Ultraschallwandler (2a-2n) zum Aussenden und Empfangen von  
15 Ultraschallsignalen (7,9), gekennzeichnet durch

- ein Array (2) aus mehreren Ultraschallwandlern (2a-2n), das an der Rohrleitung (3) angeordnet ist und Ultraschallsignale (7) aussendet, die durch das Fluid (1) laufen,
- 20 - eine dem Array (2) gegenüberliegende Reflexionsfläche (4), und
- eine Empfangselektronik (6), die ein an der Reflexionsfläche (4) reflektiertes und am Array (2) empfangenes Ultraschallsignal (9) detektiert und  
25 auswertet.

2. Ultraschall-Strömungssensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Wandlerarray (2) gepulst betrieben wird.

30

3. Ultraschall-Strömungssensor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass eine Sendeelektronik (5) vorgesehen ist, mit der die einzelnen Ultraschallwandler (2a-2n) individuell und unabhängig voneinander angesteuert werden  
35 können.

4. Ultraschall-Strömungssensor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die einzelnen Ultraschallwandler (2a-2n) derart betrieben werden, dass eine Ultraschallwelle (7) mit  
40 einer im wesentlichen zylinderförmigen, kugelförmigen,



5 ellipsoidförmigen oder sonstig gekrümmten Wellenfront erzeugt wird.

5. Ultraschall-Strömungssensor nach einem der Ansprüche 1 bis  
3, dadurch gekennzeichnet, dass die einzelnen  
10 Ultraschallwandler (2a-2n) derart betrieben werden, dass eine  
Ultraschallwelle mit einer im wesentlichen ebenen  
Wellenfront erzeugt wird.

6. Ultraschall-Strömungssensor nach einem der vorhergehenden  
15 Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Wandlerarray  
bündig mit der Innenwand der Rohrleitung (3) montiert ist.

7. Ultraschall-Strömungssensor nach einem der vorhergehenden  
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Wandlerarray in  
20 der oberen Hälfte oder seitlich an der Rohrleitung (3)  
montiert ist.

8. Ultraschall-Strömungssensor nach einem der vorhergehenden  
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Reflexionsfläche  
25 (4) ein Teil der Rohrrinnenwand ist, wobei die Gestalt der  
Reflexionsfläche gegenüber anderen Rohrabschnitten nicht  
modifiziert ist.

9. Ultraschall-Strömungssensor nach einem der vorhergehenden  
30 Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die  
Reflexionsfläche (4) an einer Ausbuchtung der Rohrrinnenwand  
vorgesehen ist.

10. Ultraschall-Strömungssensor nach einem der vorhergehenden  
35 Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine  
Abblendvorrichtung (11) nahe der Reflexionsfläche (4)  
vorgesehen ist.

11. Ultraschall-Strömungssensor nach einem der vorhergehenden  
40 Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wandler (2a-2n)  
des Wandlerarrays (2) derart angesteuert werden, dass die an

- 5 der Reflexionsfläche (4) reflektierte Welle (9) im wesentlichen punktförmig oder linienförmig auf das Wandlerarray (2) auftrifft.

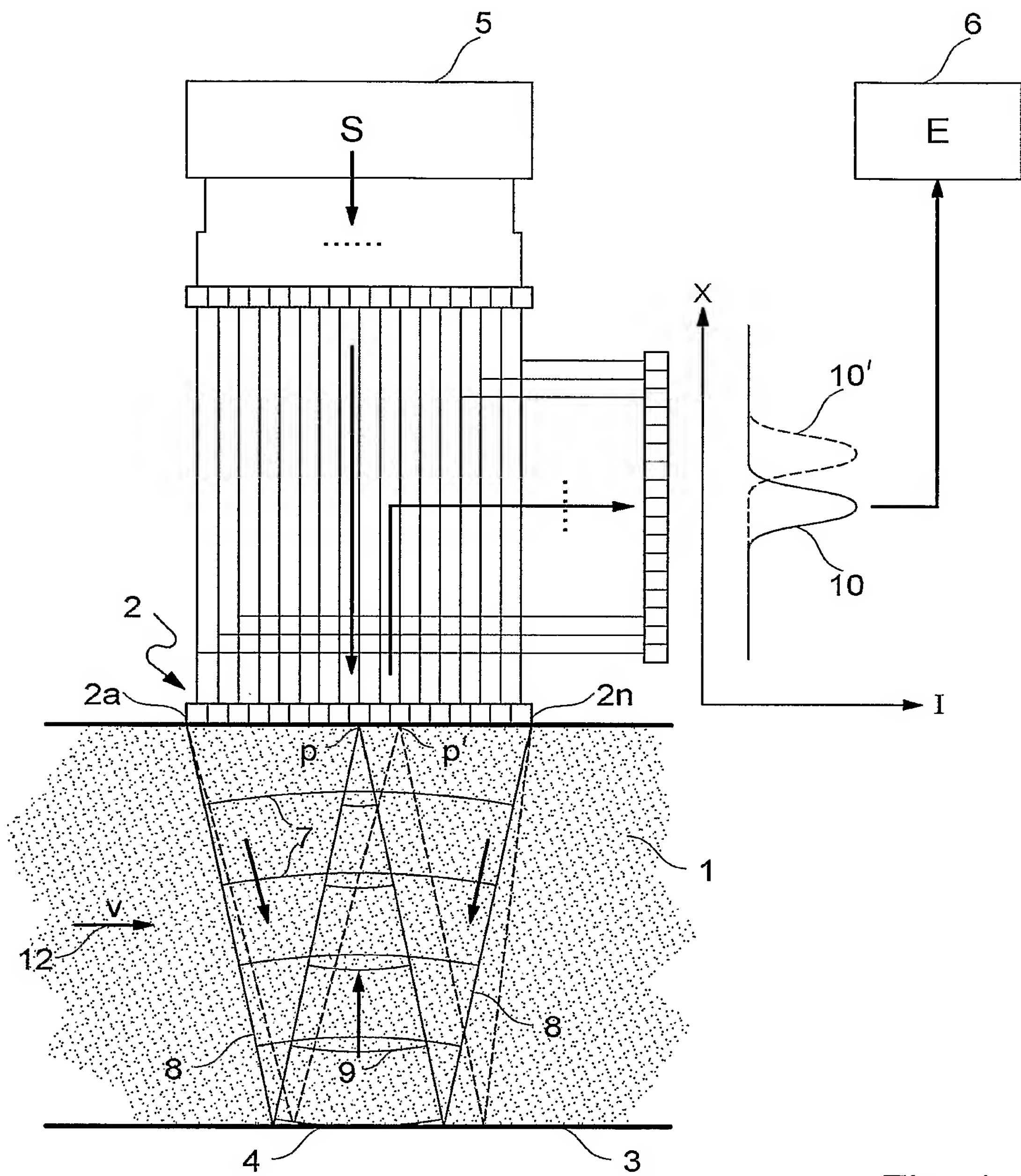


Fig. 1

2 / 2

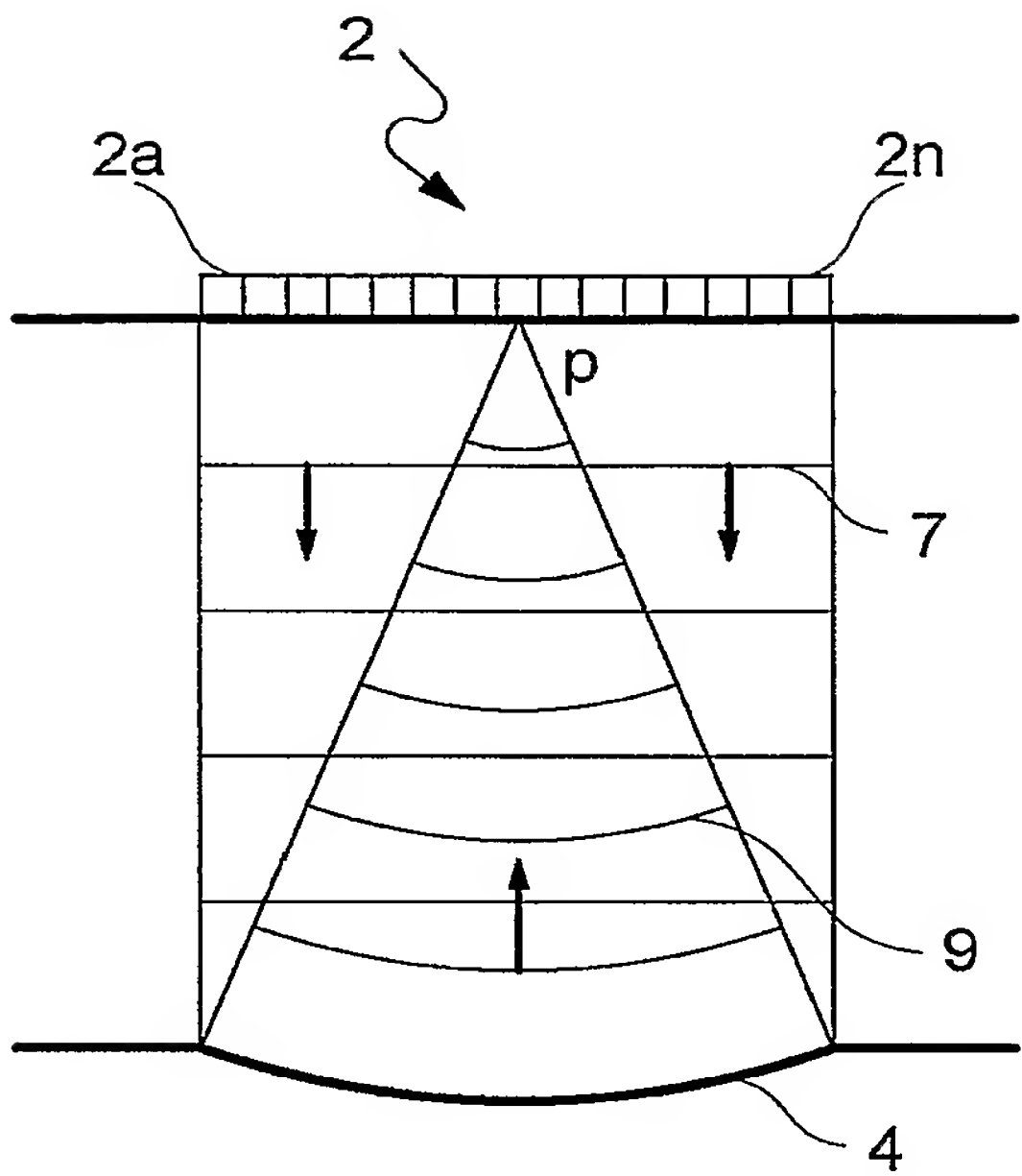


Fig. 2

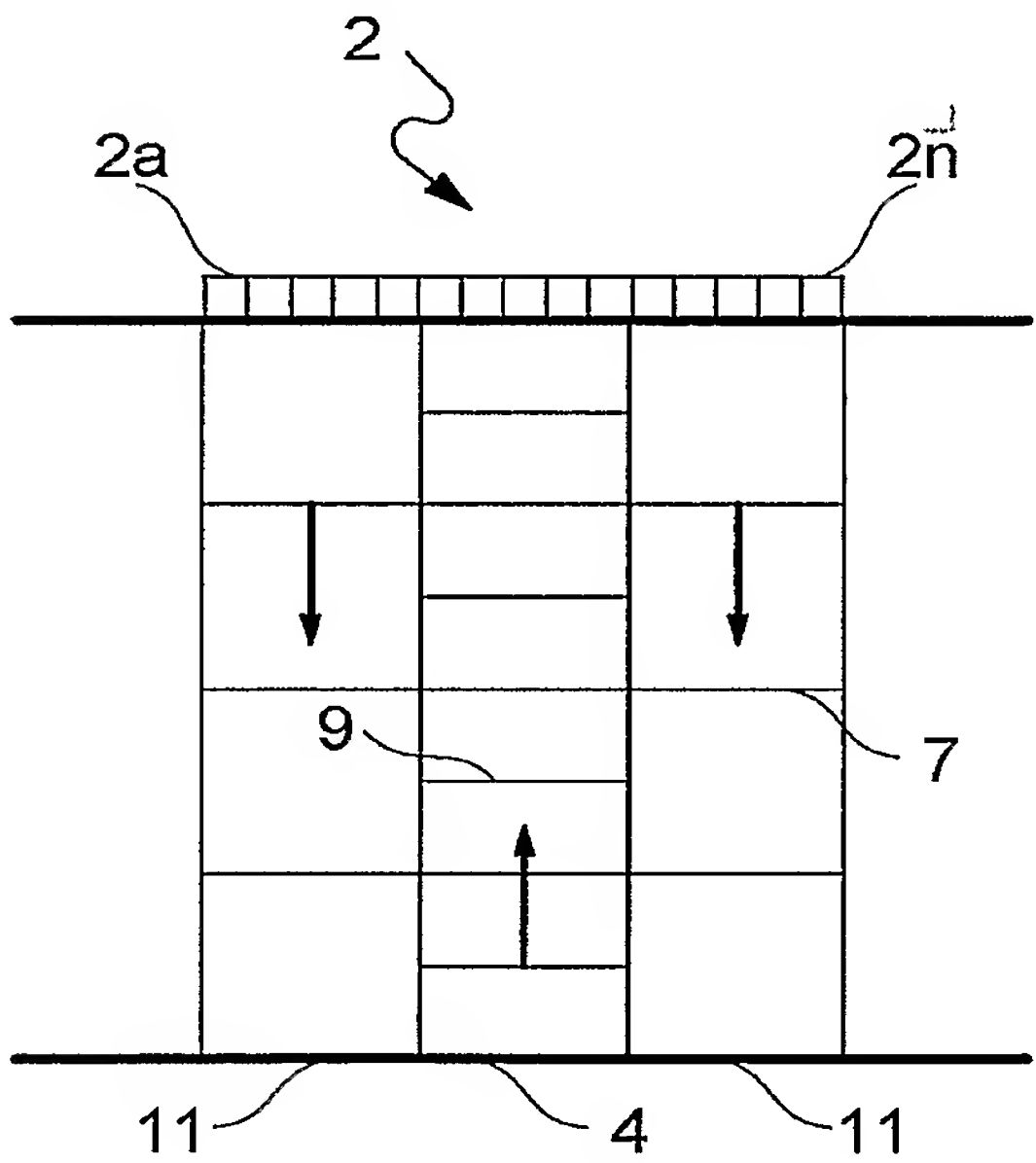


Fig. 3

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2005/050287

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 G01F1/66 G01N29/02 G01P5/24

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 G01F G01N G01P

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A       A	<p>US 2002/083771 A1 (KHURI-YAKUB BUTRUS T ET AL) 4 July 2002 (2002-07-04) abstract paragraph '0022! - paragraph '0025! paragraph '0027! paragraph '0034! - paragraph '0037! claims 13,16</p> <p>-----</p> <p>WO 03/091671 A (CIDRA CORPORATION; GYSLING, DANIEL, L; LOOSE, DOUGLAS, H) 6 November 2003 (2003-11-06) abstract page 5, lines 1-4 page 6, line 17 - line 28 page 21, line 17 - line 20 page 23, line 24 - line 27 page 24, line 21 - line 22</p> <p>-----</p> <p style="text-align: center;">-/--</p>	<p>1,2,6</p> <p>7-9</p> <p>1</p>

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \* & \* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

20 May 2005

Date of mailing of the international search report

10/06/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Pisani, F



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2005/050287

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>US 4 484 478 A (HAERKOENEN ET AL) 27 November 1984 (1984-11-27) abstract column 1, line 7 - line 24 column 3, line 49 - line 61 column 4, line 1 - line 23 claim 9</p> <p>-----</p>	1
A	<p>EP 1 348 954 A (SERVICES PETROLIERS SCHLUMBERGER) 1 October 2003 (2003-10-01) abstract page 3, paragraph 6 page 4, paragraph 11 - paragraph 19 page 5, paragraph 24 - paragraph 29</p> <p>-----</p>	2-5,11
A	<p>TOORU NOMURA ET AL: "MEASUREMENT OF VELOCITY AND VISCOSITY OF LIQUID USING SURFACE ACOUSTIC WAVE DELAY LINE" JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, PUBLICATION OFFICE JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS. TOKYO, JP, vol. 29, no. SUPPL 29 - 1, January 1990 (1990-01), pages 140-143, XP000266245 ISSN: 0021-4922 page 140, column 2, line 25 - line 30 figure 2</p> <p>-----</p>	1

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int'l Application No  
PCT/EP2005/050287

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
US 2002083771	A1	04-07-2002	NONE		
WO 03091671	A	06-11-2003	US	2003154036 A1	14-08-2003
			US	2004016284 A1	29-01-2004
			AU	2003217823 A1	09-09-2003
			AU	2003230905 A1	27-10-2003
			AU	2003243168 A1	10-11-2003
			CA	2474071 A1	31-07-2003
			CA	2480460 A1	04-09-2003
			CA	2486732 A1	23-10-2003
			CA	2489429 A1	06-11-2003
			EP	1481223 A1	01-12-2004
			EP	1495291 A1	12-01-2005
			EP	1476727 A1	17-11-2004
			WO	03062759 A1	31-07-2003
			WO	03073047 A1	04-09-2003
			WO	03087735 A1	23-10-2003
			WO	03091671 A1	06-11-2003
			US	2004069069 A1	15-04-2004
			AU	2003287644 A1	03-06-2004
			AU	2003287645 A1	03-06-2004
			WO	2004044531 A2	27-05-2004
			WO	2004044532 A2	27-05-2004
			US	2004168522 A1	02-09-2004
			US	2004168523 A1	02-09-2004
US 4484478	A	27-11-1984	FI	813259 A	20-04-1983
			CA	1205898 A1	10-06-1986
			DE	3238155 A1	28-04-1983
			SE	454918 B	06-06-1988
			SE	8205884 A	18-10-1982
EP 1348954	A	01-10-2003	EP	1348954 A1	01-10-2003
			AU	2003226831 A1	13-10-2003
			WO	03083466 A2	09-10-2003

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

II  
nationales Aktenzeichen  
PCT/EP2005/050287

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 G01F1/66 G01N29/02 G01P5/24

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G01F G01N G01P

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2002/083771 A1 (KHURI-YAKUB BUTRUS T ET AL) 4. Juli 2002 (2002-07-04)	1,2,6
A	Zusammenfassung Absatz '0022! - Absatz '0025! Absatz '0027! Absatz '0034! - Absatz '0037! Ansprüche 13,16	7-9
A	----- WO 03/091671 A (CIDRA CORPORATION; GYSLING, DANIEL, L; LOOSE, DOUGLAS, H) 6. November 2003 (2003-11-06) Zusammenfassung Seite 5, Zeilen 1-4 Seite 6, Zeile 17 - Zeile 28 Seite 21, Zeile 17 - Zeile 20 Seite 23, Zeile 24 - Zeile 27 Seite 24, Zeile 21 - Zeile 22 ----- -/--	1



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*&amp;\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

20. Mai 2005

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

10/06/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Pisani, F

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 4 484 478 A (HAERKOENEN ET AL) 27. November 1984 (1984-11-27) Zusammenfassung Spalte 1, Zeile 7 – Zeile 24 Spalte 3, Zeile 49 – Zeile 61 Spalte 4, Zeile 1 – Zeile 23 Anspruch 9 -----	1
A	EP 1 348 954 A (SERVICES PETROLIERS SCHLUMBERGER) 1. Oktober 2003 (2003-10-01) Zusammenfassung Seite 3, Absatz 6 Seite 4, Absatz 11 – Absatz 19 Seite 5, Absatz 24 – Absatz 29 -----	2-5, 11
A	TOORU NOMURA ET AL: "MEASUREMENT OF VELOCITY AND VISCOSITY OF LIQUID USING SURFACE ACOUSTIC WAVE DELAY LINE" JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, PUBLICATION OFFICE JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS. TOKYO, JP, Bd. 29, Nr. SUPPL 29 – 1, Januar 1990 (1990-01), Seiten 140-143, XP000266245 ISSN: 0021-4922 Seite 140, Spalte 2, Zeile 25 – Zeile 30 Abbildung 2 -----	1

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

In ales Aktenzeichen

PCT/EP2005/050287

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2002083771	A1	04-07-2002	KEINE		
WO 03091671	A	06-11-2003	US	2003154036 A1	14-08-2003
			US	2004016284 A1	29-01-2004
			AU	2003217823 A1	09-09-2003
			AU	2003230905 A1	27-10-2003
			AU	2003243168 A1	10-11-2003
			CA	2474071 A1	31-07-2003
			CA	2480460 A1	04-09-2003
			CA	2486732 A1	23-10-2003
			CA	2489429 A1	06-11-2003
			EP	1481223 A1	01-12-2004
			EP	1495291 A1	12-01-2005
			EP	1476727 A1	17-11-2004
			WO	03062759 A1	31-07-2003
			WO	03073047 A1	04-09-2003
			WO	03087735 A1	23-10-2003
			WO	03091671 A1	06-11-2003
			US	2004069069 A1	15-04-2004
			AU	2003287644 A1	03-06-2004
			AU	2003287645 A1	03-06-2004
			WO	2004044531 A2	27-05-2004
			WO	2004044532 A2	27-05-2004
			US	2004168522 A1	02-09-2004
			US	2004168523 A1	02-09-2004
US 4484478	A	27-11-1984	FI	813259 A	20-04-1983
			CA	1205898 A1	10-06-1986
			DE	3238155 A1	28-04-1983
			SE	454918 B	06-06-1988
			SE	8205884 A	18-10-1982
EP 1348954	A	01-10-2003	EP	1348954 A1	01-10-2003
			AU	2003226831 A1	13-10-2003
			WO	03083466 A2	09-10-2003